



REC'D 01 AUG 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 31 292.3
Anmeldetag: 10. Juli 2002
Anmelder/Inhaber: BASF Aktiengesellschaft,
Ludwigshafen/DE
Bezeichnung: Verfahren zur Rückführung einer
Lewis-Säure
IPC: C 07 C 253/34

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. März 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hiebinger

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

Patentansprüche

1. Verfahren zur Rückgewinnung einer Lewis-Säure aus einer Reaktionsmischung (I), die erhalten wurde bei der Hydrocyanierung einer olefinisch ungesättigten Verbindung zu einem Nitril, das unter bestimmten Mengen-, Druck- und Temperaturbedingungen eine Mischungslücke mit Wasser aufweist, in Gegenwart eines Katalysatorsystems, enthaltend eine Lewis-Säure und eine Komplexverbindung aus einer als Ligand geeigneten phosphorhaltigen Verbindung und einem für diese Verbindung geeigneten Zentralatom,
- dadurch gekennzeichnet, dass man
- a) aus Mischung (I) die besagte Komplexverbindung abtrennt unter Erhalt einer Mischung (II),
 - b) Mischung (II) mit Wasser versetzt und in solche Druck- und Temperaturbedingungen überführt, dass man eine Phase (III), die einen höheren Anteil an Wasser als an besagtem Nitril enthält, und eine Phase (IV), die einen höheren Anteil an besagtem Nitril als an Wasser enthält, erhält, wobei Phase (III) einen höheren Gehalt an besagter Lewis-Säure aufweist als Phase (IV),
 - c) Phase (III) mit einem flüssigen Verdünnungsmittel (V) versetzt, das
 - c1) kein Azeotrop mit Wasser bildet und dessen Siedepunkt unter bestimmten Druckbedingungen höher ist als der von Wasser oder
 - c2) unter bestimmten Druckbedingungen ein Azeotrop oder Heteroazeotrop mit Wasser bildet,
 - d) die Mischung aus Phase (III) und flüssigem Verdünnungsmittel (V) unter den in Schritt c1) oder c2) genannten Druckbedingungen einer Destillation unterzieht unter Erhalt einer Mischung (VI), die einen höheren Anteil an Wasser als an Verdünnungsmittel (V) enthält, und einer Mischung (VII), die einen höheren Anteil an Verdünnungsmittel (V) als an Wasser enthält, wobei Mischung (VII) einen höheren Gehalt an besagter Lewis-Säure aufweist als Mischung (VI),

und

- 5 e) Mischung (VII) einer Hydrocyanierung einer olefinisch un-
gesättigten Verbindung zu einem Nitril, das unter be-
stimmten Mengen-, Druck- und Temperaturbedingungen eine
Mischungslücke mit Wasser aufweist, in Gegenwart eines
Katalysatorsystems, enthaltend eine Lewis-Säure und eine
Komplexverbindung aus einer als Ligand geeigneten phos-
phorhaltigen Verbindung und einem für diese Verbindung
10 geeigneten Zentralatom, zuführt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Mischung (VII) einen Wasser-
gehalt von kleiner als 0,5 Gew.-%, bezogen auf Mischung
(VII), aufweist.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Löslichkeit der
besagten Lewis-Säure in Verdünnungsmittel (V) unter den
Destillationsbedingungen gemäß Schritt d) mindestens
0,1 Gew.-%, bezogen auf Verdünnungsmittel (V), beträgt.
- 20 4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, wobei man Schritt b)
in einer mehrstufigen Extraktionskolonne im Gegenstrom durch-
führt.
- 25 5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, wobei man Mischung
(VI) ganz oder teilweise in Schritt b) zurückführt.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, wobei das in Schritt
b) eingesetzte Wasser einen pH-Wert von kleiner als 7 auf-
weist.
- 30 7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, wobei das in Schritt
b) eingesetzte Wasser einen pH-Wert im Bereich von 0 bis
kleiner 7 aufweist.
- 35 8. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 7, wobei man das in
Schritt b) eingesetzte Wasser mit einer Säure versetzt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei man das Wasser mit HCl ver-
setzt.
- 40 10. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 9, wobei das Verdünnungs-
mittel (V) die gemäß Schritt e) zu hydrocyanierende Verbin-
dung teilweise oder vollständig enthält.

3

11. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 10, wobei man als Verdünnungsmittel (V) ein Nitril ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 2-cis-Pentennitril, 2-trans-Pentennitril, 3-cis-Pentennitril, 3-trans-Pentennitril, 4-Pentennitril, E-2-Methyl-2-butennitril, Z-2-Methyl-2-butennitril, 2-Methyl-3-butennitril oder deren Gemische einsetzt.
12. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 11, wobei man aus Mischung (II) zwischen Schritt a) und b) oder zwischen Schritt b) und c) ungelöste Bestandteile teilweise oder vollständig abtrennt.

Verfahren zur Rückführung einer Lewis-Säure

Beschreibung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Rückgewinnung einer Lewis-Säure aus einer Reaktionsmischung (I), die erhalten wurde bei der Hydrocyanierung einer olefinisch ungesättigten Verbindung zu einem Nitril, das unter bestimmten Mengen-,

10

Druck- und Temperaturbedingungen eine Mischungslücke mit Wasser aufweist, in Gegenwart eines Katalysatorsystems, enthaltend eine Lewis-Säure und eine Komplexverbindung aus einer als Ligand geeigneten phosphorhaltigen Verbindung und einem für diese Verbindung geeigneten Zentralatom,

15

dadurch gekennzeichnet, dass man

a) aus Mischung (I) die besagte Komplexverbindung abtrennt unter Erhalt einer Mischung (II),

20

b) Mischung (II) mit Wasser versetzt und in solche Druck- und Temperaturbedingungen überführt, dass man eine Phase (III), die einen höheren Anteil an Wasser als an besagtem Nitril enthält, und eine Phase (IV), die einen höheren Anteil an besagtem Nitril als an Wasser enthält, erhält, wobei Phase (III) einen höheren Gehalt an besagter Lewis-Säure aufweist als Phase (IV),

25

c) Phase (III) mit einem flüssigen Verdünnungsmittel (V) versetzt, das

30

c1) kein Azeotrop mit Wasser bildet und dessen Siedepunkt unter bestimmten Druckbedingungen höher ist als der von Wasser oder

35

c2) unter bestimmten Druckbedingungen ein Azeotrop oder Heteroazeotrop mit Wasser bildet,

40

d) die Mischung aus Phase (III) und flüssigem Verdünnungsmittel (V) unter den in Schritt c1) oder c2) genannten Druckbedingungen einer Destillation unterzieht unter Erhalt einer Mischung (VI), die einen höheren Anteil an Wasser als an Verdünnungsmittel (V) enthält, und einer Mischung (VII), die einen höheren Anteil an Verdünnungsmittel (V) als an Wasser enthält, wobei Mischung (VII)

45

einen höheren Gehalt an besagter Lewis-Säure aufweist als Mischung (VI),

und

- 5
- e) Mischung (VII) einer Hydrocyanierung einer olefinisch ungesättigten Verbindung zu einem Nitril, das unter bestimmten Mengen-, Druck- und Temperaturbedingungen eine Mischungslücke mit Wasser aufweist, in Gegenwart eines
- 10 Katalysatorsystems, enthaltend eine Lewis-Säure und eine Komplexverbindung aus einer als Ligand geeigneten phosphorhaltigen Verbindung und einem für diese Verbindung geeigneten Zentralatom, zuführt.

- 15 Verfahren zur Hydrocyanierung einer olefinisch ungesättigten Verbindung zu einem Nitril, das unter bestimmten Mengen-, Druck- und Temperaturbedingungen eine Mischungslücke mit Wasser aufweist, in Gegenwart eines Katalysatorsystems, enthaltend eine Lewis-Säure und eine Komplexverbindung aus einer als Ligand geeigneten phosphorhaltigen Verbindung und einem für diese Verbindung geeigneten Zentralatom sind bekannt.

- So offenbaren die Patentschriften US 4,705,881, US 6,127,567, US 6,171,996 B1 und US 6,380,421 B1 Verfahren zur Hydrocyanierung
- 25 von Pentennitril zu Adipodinitril in Gegenwart eines Katalysatorsystems, enthaltend eine Lewis-Säure und eine Komplexverbindung, die einen multidentaten Phosphit-Liganden und als Zentralatom Nickel enthält.

- 30 US 4,082,811 beschreibt die Abtrennung von Triphenylbor aus einer solchen Reaktionsmischung durch Fällung als NH_3 -Addukt. Dieses Verfahren hat den Nachteil, dass aus dem Niederschlag die Lewis-Säure erst aufwendig freigesetzt werden muß und zudem die Rückgewinnung des Katalysatorsystems aus dem Filtrat durch die Komplexbildung des Nickels mit dem eingesetzten Ammoniak erschwert wird.

- Der vorliegenden Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bereitzustellen, das die Rückgewinnung der Lewis-Säure aus einer solchen Reaktionsmischung in einer Form, die den erneuten
- 40 Einsatz der Lewis-Säure in der besagten Hydrocyanierung gestattet, auf technisch einfache und wirtschaftliche Weise ermöglicht.

Demgemäß wurde das eingangs definierte Verfahren gefunden.

- 45 Das erfindungsgemäße Verfahren weist weiterhin den Vorteil auf, dass es die Abtrennung der als Bestandteil des Katalysatorsystems eingesetzten Komplexverbindung aus einer als Ligand geeigneten

3

phosphorhaltigen Verbindung und einem für diese Verbindung geeigneten Zentralatom in einer Form, die den erneuten Einsatz der Komplexverbindung in der besagten Hydrocyanierung gestattet, sowie die Abtrennung des bei der Hydrocyanierung erhaltenen Wert-
5 produktes aus der bei der Hydrocyanierung erhaltenen Reaktionsmischung auf technisch einfache und wirtschaftliche Weise ermöglicht.

In Schritt a) des erfindungsgemäßen Verfahrens setzt man eine Reaktionsmischung (I) ein, die erhalten wurde bei der Hydrocyanierung einer olefinisch ungesättigten Verbindung zu einem Nitril, das unter bestimmten Mengen-, Druck- und Temperaturbedingungen
10 eine Mischungslücke mit Wasser aufweist, in Gegenwart eines Katalysatorsystems, enthaltend eine Lewis-Säure und eine Komplexverbindung aus einer als Ligand geeigneten phosphorhaltigen Verbindung und einem für diese Verbindung geeigneten Zentralatom.
15

In einer bevorzugten Ausführungsform kommt als Nitril, das unter bestimmten Mengen-, Druck- und Temperaturbedingungen eine Mischungslücke mit Wasser aufweist, Adipodinitril in Betracht.
20

Verfahren zur Herstellung von Adipodinitril durch Hydrocyanierung einer olefinisch ungesättigten Verbindung, wie 2-cis-Pentennitril, 2-trans-Pentennitril, 3-cis-Pentennitril, 3-trans-Pentennitril, 25 tril, 4-Pentennitril, E-2-Methyl-2-butenitril, Z-2-Methyl-2-butenitril, 2-Methyl-3-butenitril oder deren Gemische, in Gegenwart eines Katalysatorsystems, enthaltend eine Lewis-Säure und eine Komplexverbindung enthaltend eine als Ligand geeignete phosphorhaltige Verbindung, wie eine monodentate, vorzugsweise
30 multidentate, insbesondere bidentate Verbindung, deren Koordination mit einem Zentralatom über ein Phosphoratom erfolgt, das als Phosphin, Phosphit, Phosphonit oder Phosphinit oder deren Gemische vorliegen kann, und ein Zentralatom, vorzugsweise Nickel, Kobalt oder Palladium, insbesondere Nickel, besonders bevorzugt
35 in Form von Nickel(0), sind bekannt, beispielsweise aus US 4,705,881, US 6,127,567, US 6,171,996 B1 und US 6,380,421 B1.

Als Lewis-Säure kommen dabei anorganische oder organische Metallverbindungen in Betracht, in denen das Kation ausgewählt ist aus
40 der Gruppe bestehend aus Scandium, Titan, Vanadium, Chrom, Mangan, Eisen, Kobalt, Kupfer, Zink, Bor, Aluminium, Yttrium, Zirkonium, Niob, Molybdän, Cadmium, Rhenium und Zinn. Beispiele umfassen $ZnBr_2$, ZnI_2 , $ZnCl_2$, $ZnSO_4$, $CuCl_2$, $CuCl$, $Cu(O_3SCF_3)_2$, $CoCl_2$, CoI_2 , FeI_2 , $FeCl_3$, $FeCl_2$, $FeCl_2(THF)_2$, $TiCl_4(THF)_2$, $TiCl_4$, $TiCl_3$, $ClTi(O-$
45 $i\text{-Propyl})_3$, $MnCl_2$, $ScCl_3$, $AlCl_3$, $(C_6H_{17})AlCl_2$, $(C_8H_{17})_2AlCl$, $(i\text{-C}_4\text{H}_9)_2AlCl$, $(C_6H_5)_2AlCl$, $(C_6H_5)AlCl_2$, $ReCl_5$, $ZrCl_4$, $NbCl_5$, VCl_3 , $CrCl_2$, $MoCl_5$, YCl_3 , $CdCl_2$, $LaCl_3$, $Er(O_3SCF_3)_3$, $Yb(O_2CCF_3)_3$, $SmCl_3$,

4

- B(C₆H₅)₃, TaCl₅, wie sie beispielsweise in US 6,127,567, US 6,171,996 und US 6,380,421 beschrieben sind. Weiterhin kommen in Betracht Metallsalze, wie ZnCl₂, CoI₂ und SnCl₂ und organometallische Verbindungen, wie RAlCl₂, RSnO₃SCF₃ und R₃B, wobei R eine Alkyl- oder Aryl-Gruppe ist, wie sie beispielsweise in US 3,496,217, US 3,496,218 und US 4,774,353 beschrieben sind. Weiterhin können gemäß US 3,773,809 als Promotor ein Metall in kationischer Form, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Zink, Cadmium, Beryllium, Aluminium, Gallium, Indium, Thallium, Titan, Zirkonium, Hafnium, Erbium, Germanium, Zinn, Vanadium, Niob, Scandium, Chrom, Molybdän, Wolfram, Mangan, Rhenium, Palladium, Thorium, Eisen und Kobalt, vorzugsweise Zink, Cadmium, Titan, Zinn, Chrom, Eisen und Kobalt, eingesetzt werden, wobei der anionische Teil der Verbindung ausgewählt sein kann aus der Gruppe bestehend aus Halogeniden, wie Fluorid, Chlorid, Bromid und Jodid, Anionen niedriger Fettsäuren mit von 2 bis 7 Kohlenstoffatomen, HPO₃²⁻, H₃PO₂⁻, CF₃COO⁻, C₇H₁₅OSO₂⁻ oder SO₄²⁻. Weiterhin sind aus US 3,773,809 als geeignete Promotoren Borhydride, Organoborhydride und Borsäureester der Formel R₃B und B(OR)₃, wobei R ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Wasserstoff, Aryl-Radikale mit zwischen 6 und 18 Kohlenstoff-Atomen, mit Alkyl-Gruppen mit 1 bis 7 Kohlenstoff-Atomen substituierte Aryl-Radikale und mit Cyano-substituierte Alkyl-Gruppen mit 1 bis 7 Kohlenstoff-Atomen substituierte Aryl-Radikale, vorteilhaft Triphenylbor, genannt.
- 25 Weiterhin können, wie in US 4,874,884 beschrieben, synergistisch wirksame Kombinationen von Lewis-Säuren eingesetzt werden, um die Aktivität des Katalysatorsystems zu erhöhen. Geeignete Promotoren können beispielsweise aus der Gruppe bestehend aus CdCl₂, FeCl₂, ZnCl₂, B(C₆H₅)₃ und (C₆H₅)₃SnX, mit X=CF₃SO₃, CH₃C₆H₄SO₃ oder
- 30 (C₆H₅)₃BCN ausgewählt werden, wobei für das Verhältnis von Promotor zu Nickel ein Bereich von vorzugsweise etwa 1:16 bis etwa 50:1 genannt ist.

Im Sinne der vorliegenden Erfindung umfasst der Begriff Lewis-Säure auch die in US 3,496,217, US 3,496,218, US 4,774,353, US 4,874,884, US 6,127,567, US 6,171,996 und US 6,380,421 genannten Promotoren.

Als besonders bevorzugte Lewis-Säuren kommen unter den genannten insbesondere Metallsalze, besonders bevorzugt Metallhalogenide, wie Fluoride, Chloride, Bromide, Jodide, insbesondere Chloride, in Betracht, von denen wiederum Zinkchlorid, Eisen-(II)-Chlorid und Eisen-(III)-chlorid besonders bevorzugt sind.

Die Herstellung von Reaktionsmischungen (I) ist an sich bekannt, beispielsweise aus US 3,496,217, US 3,496,218, US 4,774,353, US 4,874,884, US 6,127,567, US 6,171,996 und US 6,380,421.

- 5 Gemäß Schritt a) des erfindungsgemäßen Verfahrens trennt man von Mischung (I) die besagte Komplexverbindung ab unter Erhalt einer Mischung (II).

- 10 Diese Abtrennung kann in an sich bekannter Weise, vorzugsweise durch Extraktion, erfolgen, wie beispielsweise in US 3,773,809 beschrieben.

- Als Extraktionsmittel kommen vorzugsweise Alkane oder Cycloalkane in Betracht. Als Alkane können vorteilhaft n-Pentan, n-Hexan, 15 n-Heptan, n-Octan, sowie deren verzweigte Isomere, oder deren Gemische eingesetzt werden, insbesondere solche mit einem Siedepunkt im Bereich von etwa 30 bis etwa 135°C. Als Cycloalkane kommen vorteilhaft Cyclopentan, Cyclohexan, Cycloheptan, sowie alkyl-substituierte Cycloalkane, oder deren Gemische in Betracht, 20 insbesondere solche mit einem Siedepunkt im Bereich von etwa 30 bis etwa 135°C, wie Methylcyclohexan.

Vorteilhaft kann man die Extraktion bei einer Temperatur im Bereich von etwa 0 bis etwa 100°C durchführen.

25

Die Extraktion kann man diskontinuierlich oder kontinuierlich durchführen, wobei sich eine kontinuierliche Gegenstromfahrweise als vorteilhaft erwiesen hat.

- 30 Das Gewichtsverhältnis von als Ligand geeigneter Phosphorverbindung zu dem zu extrahierenden Nitril sollte im Bereich von 1:1000 bis 90:100 liegen. Das Gewichtsverhältnis zwischen Extraktionsmittel zu als Ligand geeigneter Phosphorverbindung sollte vorteilhaft im Bereich von 2:1 bis 100:1 liegen.

35

Die Extraktion kann unter Umgebungsdruck oder unter erhöhtem Druck zur Vermeidung der Verdampfung des Extraktionsmittels durchgeführt werden.

- 40 Aus dem Extrakt kann die Komplexverbindung durch Entfernen des Extraktionsmittels, beispielsweise durch Verdampfung des Extraktionsmittels, erhalten und gewünschtenfalls in die Hydrocyanierung zurückgeführt werden, wie in US 3,773,809 beschrieben.

- 45 Die in Schritt a) erhaltene Mischung (II) enthält das durch Hydrocyanierung einer olefinisch ungesättigten Verbindung erhaltene Nitril, das unter bestimmten Mengen-, Druck- und Temperaturbedin-

6

gungen eine Mischungslücke mit Wasser aufweist, die als Bestandteil des zur Hydrocyanierung eingesetzten Katalysatorsystems verwendete Lewis-Säure sowie gegebenenfalls bei der Hydrocyanierung entstandene Nebenprodukte, die in Mischung (II) gelöst oder ungelöst sein können; der Gehalt der als Bestandteil des zur Hydrocyanierung eingesetzten Katalysatorsystems verwendeten Komplexverbindung aus einer als Ligand geeigneten phosphorhaltigen Verbindung und einem für diese Verbindung geeigneten Zentralatom beträgt vorzugsweise 0 bis 60 Gew.-%, insbesondere 0 bis 50 Gew.-% bezogen auf das Gesamtgewicht von Mischung (I).

Sollte Mischung (II) ungelöste Bestandteile enthalten, so kann man zwischen Schritt a) und b) oder zwischen Schritt b) und c) des erfindungsgemäßen Verfahrens von Mischung (II) solche ungelösten Bestandteile vorteilhaft teilweise oder vorzugsweise vollständig abtrennen; diese Abtrennung kann nach an sich bekannten Verfahren, beispielsweise durch Filtration oder Sedimentation erfolgen.

20 Die für eine solche Abtrennung optimalen Apparaturen und Verfahrensbedingungen lassen sich dabei leicht durch einige einfache Vorversuche ermitteln.

Erfindungsgemäß versetzt man gemäß Schritt b) Mischung (II) mit Wasser und überführt das System in solche Druck- und Temperaturbedingungen, dass man eine Phase (II), die einen höheren Anteil an Wasser als an besagtem Nitril enthält, und eine Phase (IV), die einen höheren Anteil an besagtem Nitril als an Wasser enthält, wobei Phase (III) einen höheren Gehalt an besagter Lewis-Säure aufweist als Phase (IV).

Das Mengenverhältnis von Wasser zu Mischung (II) ist an sich nicht kritisch. Mit zunehmendem Verhältnis von rückzugewinnender Lewis-Säure in Mischung (II) zu Wasser nimmt die Viskosität von Phase (III) deutlich zu, so daß die Handhabung des Systems aus Phase (IV) und Phase (III) zunehmend aufwendiger wird.

Als vorteilhaft hat sich eine solche Wassermenge erwiesen, dass sich ein Anteil der Lewis-Säure an dem Gesamtgewicht von Phase (III) im Bereich von mindestens 0,01 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 0,1 Gew.-%, besonders bevorzugt mindestens 0,25 Gew.-%, insbesondere bevorzugt mindestens 0,5 Gew.-% einstellt.

7

Als vorteilhaft hat sich eine solche Wassermenge erwiesen, dass sich ein Anteil der Lewis-Säure an dem Gesamtgewicht von Phase (III) im Bereich von höchstens 60 Gew.-%, vorzugsweise höchstens 35 Gew.-%, besonders bevorzugt höchstens 30 Gew.-% einstellt.

5

In Schritt b) kann man reines Wasser einsetzen.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform kann das Wasser weitere Bestandteile enthalten, wie ionische oder nichtionische, organische oder anorganische Verbindungen, insbesondere solche, die mit Wasser homogen einphasig mischbar oder in Wasser gelöst sind.

15 In einer besonders bevorzugten Ausführungsform kommt die Zugabe einer anorganischen oder organischen Säure in Betracht. Bevorzugt können solche Säuren eingesetzt werden, die kein Azeotrop mit Wasser bilden und unter den Destillationsbedingungen gemäß Schritt d) des erfindungsgemäßen Verfahrens einen Siedepunkt aufweist, der niedriger ist als der des flüssigen Verdünnungsmittels (V) oder die unter den Destillationsbedingungen gemäß Schritt d) 20 des erfindungsgemäßen Verfahrens ein Azeotrop oder Heteroazeotrop mit Wasser bildet.

Besonders bevorzugt kommen Halogenwasserstoffsäuren, wie HF, HCl, HBr, HJ, insbesondere HCl in Betracht.

25

Die Menge der Säure kann vorteilhaft so gewählt werden, dass der pH-Wert des in Schritt b) eingesetzten Wassers kleiner als 7 ist.

30 Die Menge der Säure kann vorteilhaft so gewählt werden, dass der pH-Wert des in Schritt b) eingesetzten Wassers größer-gleich 0, vorzugsweise größer-gleich 1 ist.

35 Für die Umsetzung gemäß Schritt b) haben sich Temperaturen von mindestens 0°C, vorzugsweise mindestens 5°C, insbesondere mindestens 30°C als vorteilhaft erwiesen.

Für die Umsetzung gemäß Schritt b) haben sich Temperaturen von höchstens 200°C, vorzugsweise höchstens 100°C, insbesondere höchstens 50°C als vorteilhaft erwiesen.

40

Hierdurch stellen sich Drücke im Bereich von 10^{-3} bis 10 MPa, vorzugsweise von 10^{-2} bis 1 MPa, insbesondere von $5 \cdot 10^{-2}$ bis $5 \cdot 10^{-1}$ MPa ein.

45

Die für die Auftrennung des Systems in eine Phase (III) und eine Phase (IV) optimalen Mengen-, Druck- und Temperaturbedingungen lassen sich leicht durch einige einfache Vorversuche ermitteln.

- 5 Die Phasentrennung kann in an sich bekannter Weise in für solche Zwecke beschriebenen Apparaturen erfolgen, wie sie beispielsweise aus: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. B3, 5. Ed., VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1988, Seite 6-14 bis 6-22 bekannt sind.

10

Die Umsetzung gemäß Schritt b) kann man diskontinuierlich oder vorzugsweise kontinuierlich durchführen, wobei sich eine kontinuierliche Gegenstromfahrweise, insbesondere in einer mehrstufigen Extraktionskolonne oder einer einstufigen oder mehrstufigen

- 15 Mixer-Settler-Apparatur, als vorteilhaft erwiesen hat.

Phase (IV), die den überwiegenden Anteil des bei der Hydrocyanierung erhaltenen Nitrils enthält, kann vorteilhaft der Gewinnung dieses Nitrils zugeführt werden.

20

Erfindungsgemäß versetzt man gemäß Schritt c) Phase (III) mit einem flüssigen Verdünnungsmittel (V), das

- c1) kein Azeotrop mit Wasser bildet und dessen Siedepunkt unter
25 bestimmten Druckbedingungen höher ist als der von Wasser oder

c2) unter bestimmten Druckbedingungen ein Azeotrop oder Heteroazeotrop mit Wasser bildet.

- 30 Vorteilhaft sollte Verdünnungsmittel (V) so gewählt werden, dass besagte Lewis-Säure in Verdünnungsmittel (V) unter den Destillationsbedingungen gemäß Schritt d) eine Löslichkeit von mindestens 0,1 Gew.-%, bezogen auf Verdünnungsmittel (V), beträgt.

- 35 Als Verdünnungsmittel (V) kommen beispielsweise Amide, insbesondere Dialkylamide, wie Dimethylformamid, Dimethylacetamid, N,N-Dimethylethylenharnstoff (DMEU), N,N-Dimethylpropylenharnstoff (DMPU), Hexamethylenphosphorsäuretriamid (HMPT), Ketone, Schwefel-Sauerstoff-Verbindungen, wie Dimethylsulfoxid, Tetrahydrothiophen-1,1-dioxid, Nitroaromaten, wie Nitrobenzol, Nitroalkane, wie Nitromethan, Nitroethan, Ether, wie Diether des Diethylenglykols, beispielsweise Diethylenglykoldimethylether, Alkylencarbonate, wie Ethylencarbonat, Nitrile, wie Acetonitril, Propionitril, n-Butyronitril, n-Valeronitril, Cyanocyclopropan, Acrylnitril, Crotonitril, Allylcyanid, Pentennitrile in Betracht.
- 45

Solche Verdünnungsmittel können allein oder als Gemisch eingesetzt werden.

Solche aprotischen, polaren Verdünnungsmittel können weitere Verdünnungsmittel enthalten, vorzugsweise Aromaten, wie Benzol, Toluol, o-Xylol, m-Xylol, p-Xylol, Aliphaten, insbesondere Cycloaliphaten, wie Cyclohexan, Methylcyclohexan, oder deren Gemische.

In einer bevorzugten Ausführungsform kann man Verdünnungsmittel
10 (V) einsetzen, die mit Wasser ein Azeotrop oder Heteroazeotrop bilden. Die Menge an Verdünnungsmittel (V) gegenüber der Menge an Wasser in Phase (III) ist an sich nicht kritisch. Vorteilhaft sollte man mehr flüssiges Verdünnungsmittel (V) einsetzen als den durch die Azeotrope gemäß Schritt d) abzudestillierenden Mengen
15 entspricht, so daß überschüssiges Verdünnungsmittel (V) als Sumpfprodukt verbleibt.

Setzt man ein Verdünnungsmittel (V) ein, das mit Wasser kein Azeotrop bildet, so ist die Menge an Verdünnungsmittel gegenüber
20 der Menge an Wasser in Phase (III) an sich nicht kritisch. Im Falle eines solchen Verdünnungsmittel (V) sollte das Verdünnungsmittel unter den Druck- und Temperaturbedingungen der Destillation gemäß Schritt d) einen Siedepunkt aufweisen, der vorzugsweise um mindestens 5°C, insbesondere mindestens 20°C, und vor-
25 zugsweise höchstens 200°C, insbesondere höchstens 100°C über dem von Wasser unter diesen Destillationsbedingungen liegt.

Vorteilhaft kommen organische Verdünnungsmittel in Betracht, vorzugsweise solche mit mindestens einer Nitrilgruppe, insbesondere
30 einer Nitrilgruppe.

In einer bevorzugten Ausführungsform kann man als Nitril ein aliphatisches, gesättigtes oder ein aliphatisches, olefinisch ungesättigtes Nitril einsetzen. Dabei kommen insbesondere Nitrile mit
35 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, insbesondere 4 Kohlenstoffatomen, gerechnet ohne die Nitrilgruppen, vorzugsweise Nitrilgruppe, in Betracht.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform kommt ein Verdünnungsmittel (V) in Betracht, das die gemäß Schritt e) zu hydrocyanisierende Verbindung teilweise oder vollständig enthält, insbesondere daraus besteht.

In einer insbesondere bevorzugten Ausführungsform kann man als
45 Verdünnungsmittel ein aliphatisches, olefinisch ungesättigtes Mononitril, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 2-cis-Pentennitril, 2-trans-Pentennitril, 3-cis-Pentennitril, 3-trans-Pentennitril,

10

tril, 4-Pentennitril, E-2-Methyl-2-butennitril, Z-2-Methyl-2-butennitril, 2-Methyl-3-butennitril oder deren Gemische einsetzen.

- 2-cis-Pentennitril, 2-trans-Pentennitril, 3-cis-Pentennitril, 5 3-trans-Pentennitril, 4-Pentennitril, E-2-Methyl-2-butennitril, Z-2-Methyl-2-butennitril, 2-Methyl-3-butennitril oder deren Gemische sind bekannt und können nach an sich bekannten Verfahren, wie durch Hydrocyanierung von Butadien in Gegenwart von Katalysatoren, erhalten werden, beispielsweise gemäß US-A-3,496,215 oder 10 die linearen Pentennitrile durch Isomerisierung von 2-Methyl-3-butennitril gemäß WO 97/23446 und darin beschriebene Verfahren.

- Als besonders vorteilhaft kommen dabei solche Gemische der genannten Pentennitrile in Betracht, die 2-cis-Pentennitril, 15 2-trans-Pentennitril oder deren Gemische im Gemisch mit 3-cis-Pentennitril, 3-trans-Pentennitril, 4-Pentennitril, E-2-Methyl-2-butennitril, Z-2-Methyl-2-butennitril, 2-Methyl-3-butennitril oder deren Gemische enthalten. In solchen Gemischen findet bei der nachfolgenden Destillation gemäß Schritt d) des erfindungsge- 20 mäßen Verfahrens eine Abreicherung von 2-cis-Pentennitril, 2-trans-Pentennitril, E-2-Methyl-2-butennitril, Z-2-Methyl-2-butennitril, 2-Methyl-3-butennitril oder deren Gemische statt, da diese mit Wasser Azeotrope bilden, die niedriger siedend als die Azeotrope von 3-cis-Pentennitril, 3-trans-Pentennitril, 4-Pentennitril oder deren Gemische mit Wasser. Bei dieser Ausführungsform 25 erhält man nach der Destillation ein Gemisch enthaltend 3-cis-Pentennitril, 3-trans-Pentennitril, 4-Pentennitril oder deren Gemische und im wesentlichen wasserfreie Lewis-Säure als Produkt (VII) des erfindungsgemäßen Verfahrens.

- 30 Dieses Produkt kann vorteilhaft zur weiteren Hydrocyanierung in Gegenwart eines Katalysators zu Adipodinitril eingesetzt werden. Eine Abreicherung von 2-cis-Pentennitril, 2-trans-Pentennitril, E-2-Methyl-2-butennitril, Z-2-Methyl-2-butennitril, 2-Methyl-3-butennitril ist dabei insoweit vorteilhaft, als daß diese beiden 35 Verbindungen der genannten Hydrocyanierung erheblich schlechter zugänglich sind als 3-cis-Pentennitril, 3-trans-Pentennitril, 4-Pentennitril oder deren Gemische.

- 40 Setzt man als Verdünnungsmittel 2-cis-Pentennitril, 2-trans-Pentennitril, 3-cis-Pentennitril, 3-trans-Pentennitril, 4-Pentennitril, E-2-Methyl-2-butennitril, Z-2-Methyl-2-butennitril, 2-Methyl-3-butennitril oder deren Gemische ein, so haben sich Mengenverhältnisse von Pentennitril zu besagter Lewis-Säure von mindestens 0,5 mol/mol, vorzugsweise mindestens 5 mol/mol, besonders 45 bevorzugt mindestens 15 mol/mol als vorteilhaft erwiesen.

11

Setzt man als Verdünnungsmittel 2-cis-Pentennitril, 2-trans-Pentennitril, 3-cis-Pentennitril, 3-trans-Pentennitril, 4-Pentennitril, E-2-Methyl-2-butennitril, Z-2-Methyl-2-butennitril, 2-Methyl-3-butennitril oder deren Gemische ein, so haben sich Mengenverhältnisse von Pentennitril zu besagter Lewis-Säure von höchstens 10000 mol/mol, vorzugsweise höchstens 5000 mol/mol, besonders bevorzugt höchstens 2000 mol/mol als vorteilhaft erwiesen.

Solche Pentennitrile können vorteilhaft gemäß Schritt e) zu Adipodinitril hydrocyaniert werden.

Gemäß Schritt d) unterzieht man die Mischung aus Phase (III) und flüssigem Verdünnungsmittel (V) unter den in Schritt c1) oder c2) genannten Druckbedingungen einer Destillation unter Erhalt einer Mischung (VI), die einen höheren Anteil an Wasser als an Verdünnungsmittel (V) enthält, und einer Mischung (VII), die einen höheren Anteil an Verdünnungsmittel (V) als an Wasser enthält, wobei Mischung (VII) einen höheren Gehalt an besagter Lewis-Säure aufweist als Mischung (VI).

Die Druckbedingungen für die Destillation sind an sich nicht kritisch. Als vorteilhaft haben sich Drücke von mindestens 10^{-4} MPa, vorzugsweise mindestens 10^{-3} MPa, insbesondere mindestens $5 \cdot 10^{-3}$ MPa erwiesen.

Als vorteilhaft haben sich Drücke von höchstens 1 MPa, vorzugsweise höchstens $5 \cdot 10^{-1}$ MPa, insbesondere höchstens $1,5 \cdot 10^{-1}$ MPa erwiesen.

In Abhängigkeit von den Druckbedingungen und der Zusammensetzung des zu destillierenden Gemischs stellt sich dann die Destillationstemperatur ein.

Im Falle von Pentennitril als Verdünnungsmittel kann man die Destillation vorteilhaft bei einem Druck von höchstens 200 kPa, vorzugsweise höchstens 100 kPa, insbesondere höchstens 50 kPa durchführen.

Im Falle von Pentennitril als Verdünnungsmittel kann man die Destillation vorteilhaft bei einem Druck von mindestens 1 kPa, vorzugsweise mindestens 5 kPa, besonders bevorzugt bei 10 kPa durchführen.

Die Destillation kann vorteilhaft durch einstufige Verdampfung, bevorzugt durch fraktionierende Destillation in einer oder mehreren, wie 2 oder 3 Destillationsapparaturen erfolgen.

12

Dabei kommen für die Destillation hierfür übliche Apparaturen in Betracht, wie sie beispielsweise in: Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, 3. Ed., Vol. 7, John Wiley & Sons, New York, 1979, Seite 870-881 beschrieben sind, wie Siebbodenkolonnen, 5 Glockenbodenkolonnen, Packungskolonnen, Füllkörperkolonnen, Kolonnen mit Seitenabzug oder Trennwandkolonnen.

Die Destillation kann diskontinuierlich erfolgen.

10 Die Destillation kann kontinuierlich erfolgen.

Bei der Destillation gemäß Schritt d) wird Mischung (VI) üblicherweise über Kopf erhalten. Mischung (VI) kann vorteilhaft ganz oder teilweise in Schritt b) zurückgeführt werden und dort als 15 Wasser oder im Gemisch mit Wasser mit Mischung (II) erfindungsge-
mäß umgesetzt werden.

Ist Mischung (VI) einphasig, so kann Mischung (VI) zum Teil oder vollständig zurückgeführt werden.

20

Ist Mischung (VI) zweiphasig, so kommt vorteilhaft die teilweise oder vollständige Rückführung der den größeren Wassermassengehalt aufweisenden Phase in Betracht.

25 Mischung (VII) wird bei der Destillation gemäß Schritt b) üblicherweise als Sumpfprodukt erhalten. Mischung (VII) enthält den zurückgewonnen Anteil besagter Lewis-Säure und Verdünnungsmittel (V); der Wassergehalt von Mischung (VII) sollte vorzugsweise im Bereich von 0 bis 0,5 Gew.-%, insbesondere im Bereich von 0 bis 30 50 Gew.-ppm, bezogen auf das Gesamtgewicht von Mischung (VII), betragen.

Gemäß Schritt e) wird Mischung (VII) einer Hydrocyanierung einer olefinisch ungesättigten Verbindung zu einem Nitril, das unter 35 bestimmten Mengen-, Druck- und Temperaturbedingungen eine Mischungslücke mit Wasser aufweist, in Gegenwart eines Katalysatorsystems, enthaltend eine Lewis-Säure und eine Komplexverbindung aus einer als Ligand geeigneten phosphorhaltigen Verbindung und einem für diese Verbindung geeigneten Zentralatom, zugeführt.

40 Als Komplexverbindung kann dabei vorteilhaft die in Schritt a) abgetrennte Komplexverbindung eingesetzt werden.

Als zu hydrocyanierende olefinisch ungesättigte Verbindung kommt vorzugsweise Verdünnungsmittel (V) in Betracht.

45

Beispiele

13

Die in den Beispielen angegebenen Gew.-% oder Gew.-ppm-Angaben beziehen sich, soweit nicht anders bezeichnet, auf das Gesamtgewicht der jeweiligen Mischung.

- 5 Der Gehalt an Zn oder Zinkchlorid wurde mittels Atomemissions-spektrometrie bestimmt.

Der Gehalt an Chlor wurde nach Methode Schoeniger bestimmt.

- 10 Die Konzentrationen an Wasser wurden durch Titration nach Karl-Fischer-Methode potentiometrisch bestimmt.

Beispiel 1

- 15 In einer kontinuierlich betriebenen Vakuum-Destillationskolonne mit Metallgewebepackung (Typ CY, Fa. Sulzer Chemtech, Innendurchmesser $\varnothing = 50$ mm, Höhe 130 cm) mit einem Dünnschichtverdampfer als Wärmeüberträger am Kolonnensumpf, einem bei 30°C betriebenen Kondensator am Kopf und einem auf 0°C gekühlten Phasentrenngefäß im Rücklauf wurden 240 g/h einer Lösung von 30 Gew.-% Zinkchlorid in trans-3-Pentennitril mit einem Wassergehalt von 0.4 Gew.-% oberhalb der Gewebepackung in die Destillationskolonne dosiert. Bei einem Druck von $p = 10$ kPa (absolut) wurde bei 344 K als Destillat am Kondensator ein zweiphasiges Gemisch erhalten. Die obere, im
- 25 wesentlichen aus trans-3-Pentennitril bestehende Phase wurde kontinuierlich auf den Kolonnenkopf zurückgefahren. Die untere Phase bestand im wesentlichen aus Wasser und wurde kontinuierlich aus dem Phasentrenngefäß abgepumpt. Über Sumpf wurde eine homogene Lösung von ZnCl_2 in trans-3-Pentennitril bei 348 K abgetrennt.
- 30 Nach 17 h Laufzeit der Destillation war der Wasseranteil im Sumpfaustrag auf 76 Gew.-ppm H_2O ; nach 41 h auf 50 Gew.-ppm abgereichert.

Beispiel 2

35

4 kg des in Beispiel 1 erhaltenen Sumpfaustrages wurden mit 1 kg trans-3-Pentennitril und 500 g Wasser versetzt. Die homogene Mischung wurde mit einer Dosierate von 206 g/h in die wie in Beispiel 1 betriebene Destillationskolonne dosiert.

40

Der Sumpfaustrag enthielt nach 24 h kontinuierlichen Betriebs 350 Gew.-ppm Wasser, 16.9 Gew.-% Chlor berechnet als Cl und 15.5 Gew.-% Zn, jeweils bezogen auf Gesamtgewicht der Lösung; daraus leitet sich ein experimentell gefundenes Cl:Zn-Verhältnis

45 von 2.01 ab.

14

Gaschromatographische Analyse durch Derivatisierung mit MSTFA (2,2,2-trifluoro-N-methyl-N-(trimethylsilyl)acetamid) zeigte keine nachweisbaren Mengen an Verseifungsprodukt 3-Pentensäure.

- 5 Analyse auf polymere Abbauprodukte durch Gelpermeationschromatographie ergab keine nachweisbaren Mengen an polymerem Produkt.

Die so erhaltene Zinkchloridlösung in 3-Pentennitril kann in der Hydrocyanierung von 3-Pentennitril in Gegenwart von Nickel(0)-

- 10 Phosphitkatalysatoren eingesetzt werden und zeigt keinen Aktivitätsunterschied zu einer frisch aus 3-Pentennitril und wasserfreiem Zinkchlorid hergestellten Lösung.

Beispiel 3

15

In eine kontinuierlich betriebene Gegenstromextraktionskolonne (Innendurchmesser $\varnothing = 30$ mm, 50 cm hohe Schüttung mit Raschig-Ringen) wurden 110 g/h einer Lösung von 0.52 Gew.-% ZnCl_2 in einer Mischung von 20 Gew.-% trans-3-Pentennitril und Rest Adipodinitril auf den unteren Teil der Extraktionskolonne dosiert. 170 g/h Wasser wurden auf den oberen Teil dosiert. Über 3 Stunden kontinuierlichen Betriebs hinweg wurde am oberen Ende der Extraktionskolonne die extrahierte organische Phase mit weniger als 10 Gew.-ppm Zn erhalten. Am unteren Ende der Extraktionskolonne wurde die 20 wässrige Phase mit 0.30 Gew.-% ZnCl_2 erhalten.

Beispiel 4

- In eine kontinuierlich betriebene Mixer-Settler-Apparatur, bestehend aus einem bei Raumtemperatur betriebenen Behälter mit 2 l Volumen, ausgestattet mit einem bei 700 Upm betriebenen Schrägblattrührer und einem hydrostatischen Überlauf in einen nachgeschalteten Phasenscheider mit 0.5 l Volumen, wurden 320 g/h einer Lösung von 0.52 Gew.-% ZnCl_2 in einer Mischung aus 20 Gew.-% 35 trans-3-Pentennitril und Rest Adipodinitril, sowie 100 g/h Wasser dosiert. Über den Phasenscheider wurden nach 7 h Betrieb die organische Phase mit 30 ppm Zn erhalten, die abgetrennte wässrige Phase enthielt 0.75 Gew.-% Zn. Im Phasenscheider wurde nach kurzer 40 Betriebszeit eine Ansammlung von Feststoff beobachtet, der sich an der Phasengrenzfläche ansammelte. Der Feststoff bestand laut röntgendiffraktometrischer Analyse aus $\text{ZnCl}_2 \cdot \text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Beispiel 5

- 45 Eine 0.94 Gew.-% ZnCl_2 und einen pH-Wert von 6 aufweisende Mischung aus 500 g einer nach Beispiel 3 durch Extraktion erhaltenen wässrigen Zinkchloridlösung und 540 g einer nach Beispiel 4

15

- erhaltenen wässrigen Zinkchloridlösung wurden mit einer Dosier-
rate von 80 g/h in die wie in Beispiel 1 beschriebene betriebene
Destillationskolonne dosiert. Mit einer zweiten Pumpe wurden 320
g/h trans-3-Pentennitril in die Destillationskolonne dosiert. Im
5 Sumpfaustrag wurden nach 9.5 h kontinuierlicher Destillation
310 Gew.-ppm Wasser und 0.10 Gew.-% Zn (entsprechend 0.20 Gew.-%
ZnCl₂) analysiert.

Beispiel 6

- 10 In eine wie in Beispiel 4 beschriebene betriebene Mixer-Settler-
Apparatur wurden 320 g/h einer Lösung von 0.52 Gew.-% ZnCl₂ in ei-
ner Mischung aus 20 Gew.-% trans-3-Pentennitril und Rest Adipodi-
nitril, sowie 100 g/h einer 0.1N-Lösung von HCl in Wasser mit pH-
15 Wert 1 dosiert. Über den Phasenscheider wurden nach 7 h Betrieb
die organische Phase mit 85 ppm Zn erhalten, die abgetrennte
wässrige Phase enthielt 1.88 Gew.-% Zn. Im Phasenscheider wurde
im Gegensatz zu Beispiel 4 kein Feststoff beobachtet.

20 Beispiel 7

- Eine 0.72 Gew.-% Zn und einen pH-Wert von 1 aufweisende Mischung
aus 190 g einer nach Beispiel 3 durch Extraktion erhaltenen wäss-
rigen Zinkchloridlösung, 370 g einer nach Beispiel 4 erhaltenen
25 wässrigen Zinkchloridlösung und 430 g einer nach Beispiel 4 er-
haltenen wässrigen Zinkchloridlösung wurden mit einer Dosier-
rate von 80 g/h in die wie in Beispiel 1 beschriebene betriebene De-
stillationskolonne dosiert. Mit einer zweiten Pumpe wurden 320
g/h trans-3-Pentennitril in die Destillationskolonne dosiert. Im
30 Sumpfaustrag wurden nach 9.5 h kontinuierlicher Destillation 210
Gew.-ppm Wasser und 0.18 Gew.-% Zn analysiert. Die wässrige
Phase, die am Phasenscheider am Kopf der Kolonne erhalten wurde,
wies einen pH von 1 auf.

- 35 Die über Sumpf erhaltene Lösung von ZnCl₂ in trans-3-Pentennitril
kann in Gegenwart von Ni(0)phosphitkatalysatoren zu Adipodinitril
hydrocyanisiert werden.

Verfahren zur Rückführung einer Lewis-Säure

Zusammenfassung

5

Verfahren zur Rückgewinnung einer Lewis-Säure aus einer Reaktionsmischung (I), die erhalten wurde bei der Hydrocyanierung einer olefinisch ungesättigten Verbindung zu einem Nitril, das unter bestimmten Mengen-, Druck- und Temperaturbedingungen eine Mischungslücke mit Wasser aufweist, in Gegenwart eines Katalysatorsystems, enthaltend eine Lewis-Säure und eine Komplexverbindung aus einer als Ligand geeigneten phosphorhaltigen Verbindung und einem für diese Verbindung geeigneten Zentralatom,

15 dadurch gekennzeichnet, dass man

- a) aus Mischung (I) die besagte Komplexverbindung abtrennt unter Erhalt einer Mischung (II),
- 20 b) Mischung (II) mit Wasser versetzt und in solche Druck- und Temperaturbedingungen überführt, dass man eine Phase (III), die einen höheren Anteil an Wasser als an besagtem Nitril enthält, und eine Phase (IV), die einen höheren Anteil an besagtem Nitril als an Wasser enthält, erhält, wobei Phase
25 (III) einen höheren Gehalt an besagter Lewis-Säure aufweist als Phase (IV),
- c) Phase (III) mit einem flüssigen Verdünnungsmittel (V) versetzt, das
30 c1) kein Azeotrop mit Wasser bildet und dessen Siedepunkt unter bestimmten Druckbedingungen höher ist als der von Wasser oder
35 c2) unter bestimmten Druckbedingungen ein Azeotrop oder Heteroazeotrop mit Wasser bildet,
- d) die Mischung aus Phase (III) und flüssigem Verdünnungsmittel (V) unter den in Schritt c1) oder c2) genannten Druckbedingungen einer Destillation unterzieht unter Erhalt einer Mischung (VI), die einen höheren Anteil an Wasser als an Verdünnungsmittel (V) enthält, und einer Mischung (VII), die einen höheren Anteil an Verdünnungsmittel (V) als an Wasser enthält, wobei Mischung (VII) einen höheren Gehalt an besagter Lewis-Säure aufweist als Mischung (VI),
45

und

- 5 e) Mischung (VII) einer Hydrocyanierung einer olefinisch ungesättigten Verbindung zu einem Nitril, das unter bestimmten Mengen-, Druck- und Temperaturbedingungen eine Mischungslücke mit Wasser aufweist, in Gegenwart eines Katalysatorsystems, enthaltend eine Lewis-Säure und eine Komplexverbindung aus einer als Ligand geeigneten phosphorhaltigen Verbindung und einem für diese Verbindung geeigneten Zentralatom, zuführt.

10

15

20

25

30

35

40

45